

「しんかい2000」による相模海丘北西端部の 地形・地質調査

山崎 晴雄^{*1}

相模海北部に位置する相模海丘の形成はテクトニクス上、その北西に位置する大磯丘陵との密接な関係が類推される。そこで、この海丘の地形、地質学的諸特徴とトラフ沿いの第四紀地殻変動を明らかにするため、「しんかい2000」の第661潜航を相模海丘北西端の平均傾斜32°の急斜面で行なった。

深度1,250~700mにわたるこの潜航調査では、斜面地形、層序及び地質構造の観察と6試料の採取が行なわれた。この斜面を構成する地層は中・下部が東に傾く軽石層を挟むシルト層とシルト・砂岩の互層であり、上部は西に緩く傾く軟質なシルト・泥岩互層であった。採取された6試料の微化石分析を含む各種分析によって、海丘の中・下部層は房総半島の土総層群に相当する下部更新統、これを不整合に覆う上部層は中・上部更新統に属年・対比された。

相模海丘の層序と構造は海丘北西延長部に位置する大磯丘陵のそれとよく似ており、また、相模海丘西縁の崖も国府津・松田断層崖に連続しているように見える。これから、相模海丘と大磯丘陵は中期更新世の半ば以降に一連の断層活動によって形成されてきたものと考えられる。

Geological and Geomorphological Survey on the Northwestern Edge of Sagami Knoll by the DSRV "Shinkai 2000"

Haruo YAMAZAKI^{*2}

The formation of Sagami Knoll in the northern Sagami Bay is estimated to be tectonically related to that of Oiso Hills to the northwest of the knoll. Dive 661 using the DSRV "Shinkai 2000" was made at the northwestern cliff of Sagami Knoll having a mean slope angle of 32 degrees to reveal the geological and geomorphological features and Quaternary tectonics, and to confirm the above mentioned idea.

This dive ranging from 1,250 to 700m in depth found out the features of slope geomorphology, stratigraphy and geological structure of the cliff and collected six pieces of rock samples. The geology of northwestern part of Sagami Knoll consists of three units of fine sediments with different lithofacies. The lower unit is non-stratified thick siltstone intercalating the pumice-tuff layers. The

* 1 地質調査所環境地質部
(現在：東京都立大学理学部)

* 2 Seismotectonic Research Section, Geological Survey of Japan
(Present : Faculty of science, Tokyo Metropolitan University)

middle unit consists of the alternated thin silt and sand layers tilting toward east. The upper is the soft sediments of alternated silt and mud layers overlapping the middle unit unconformably and declining to the west. Foraminifera, calcareous nannoplankton and diatom analyses of six samples obtained from 661 dive indicate that the lower and middle units are correlatable to lower Pleistocene sediments of the Kazusa Group in Boso Peninsula and the upper unit corresponds to middle to late Pleistocene sediments.

The Stratigraphy, geochronology and geological structure of Sagami Knoll are analogous to those of Oiso Hills in the onshore region. The western slope of the Sagami Knoll which bounds the northeastern side of Sagami trough seems to be the southeastern extension of the active Kozu-Matsuda fault. These facts imply that both hills, Oiso Hills and Sagami Knoll, have been tectonically formed by a series of imbricated thrusting along the plate subduction zone since middle Pleistocene.

1 はじめに

フィリピン海プレート北端部の沈み込み帯である相模トラフの北東縁に沿っては、沖ノ山堆列と呼ばれる一連の海丘列が並んでいる。これは、三浦、房総両半島の葉山・嶺岡隆起帯と同様にプレート収斂帯の北側を取り囲むように配列する隆起帯の一部である(木村, 1976)。そして、その成因や形成過程は、プレート沈み込み運動や相模トラフの形成、それに地震性地殻変動等と密接に関連するものと考えられ、多くの研究者がそれらの解明に強い関心を寄せている。

これまで著者は相模湾北岸地域の地震テクトニクス解明を目的に、相模トラフ及び沖ノ山堆列の北西延長部に位置する足柄平野・大磯丘陵地域の第四紀地殻変動を調べ、その地史や地震との関係を明らかにしてきた(山崎, 1984; Yamazaki, 1992 ほか)。しかし、上記地域の地殻変動をプレート収斂運動等の広域テクトニクスと関連づけて説明するには、相模トラフ及び沖ノ山堆列の地殻変動との関係を明らかにする必要があると考えた。

このようなことから、沖ノ山堆列の北部に位置し地塊としての大きさも大磯丘陵によく似た相模海丘に対して海洋科学技術センターの深海調査船「しんかい2000」による潜航調査を行なった。そして、地形・地質学的な観察と試料採取を実施し、同海丘の層序、構造及び地殻変動の解明に努めた。

本論では最初にこの潜航調査の概要、観察事項、

採取試料の分析結果を記載し、次にこれらの資料に基づいて相模海丘の地史や第四紀地殻変動について考察する。

2 潜航調査の概要

本研究の潜航調査は「しんかい2000」の第661潜航として平成4年12月4日に実施された。潜航地点は真鶴岬東方沖11kmの相模湾底で、相模トラフと片瀬海底谷の合流点付近に着底後、その南東に位置する相模海丘の北西側急斜面を上昇しながら、斜面地形及び谷壁に露出する地層の観察と試料採取を行なった。潜航調査の概要を表1に、また、今回の潜航調査位置、航跡及びこれまでの研究で実施された潜航調査実施点を図1に示す。この図から明らかなように、相模海丘に関するこ

表1 潜航調査の概要
Table 1 Outline of Dive 661.

潜航番号	第661潜航
潜航年月日	1992年12月4日
潜航地点	相模海丘の地形・地質調査
観察者	山崎晴雄(地質調査所環境地質部)
潜水船船長	桜井利明 船長補佐 吉梅 剛
調査深度	1,254m~678m
潜航時間	5時間27分
着底点	35° 09.0' N, 139° 17.5' E 深度1,248m 時刻11:10
離底点	35° 08.7' N, 139° 18.4' E 深度678m 時刻15:08
走行距離	1,550m

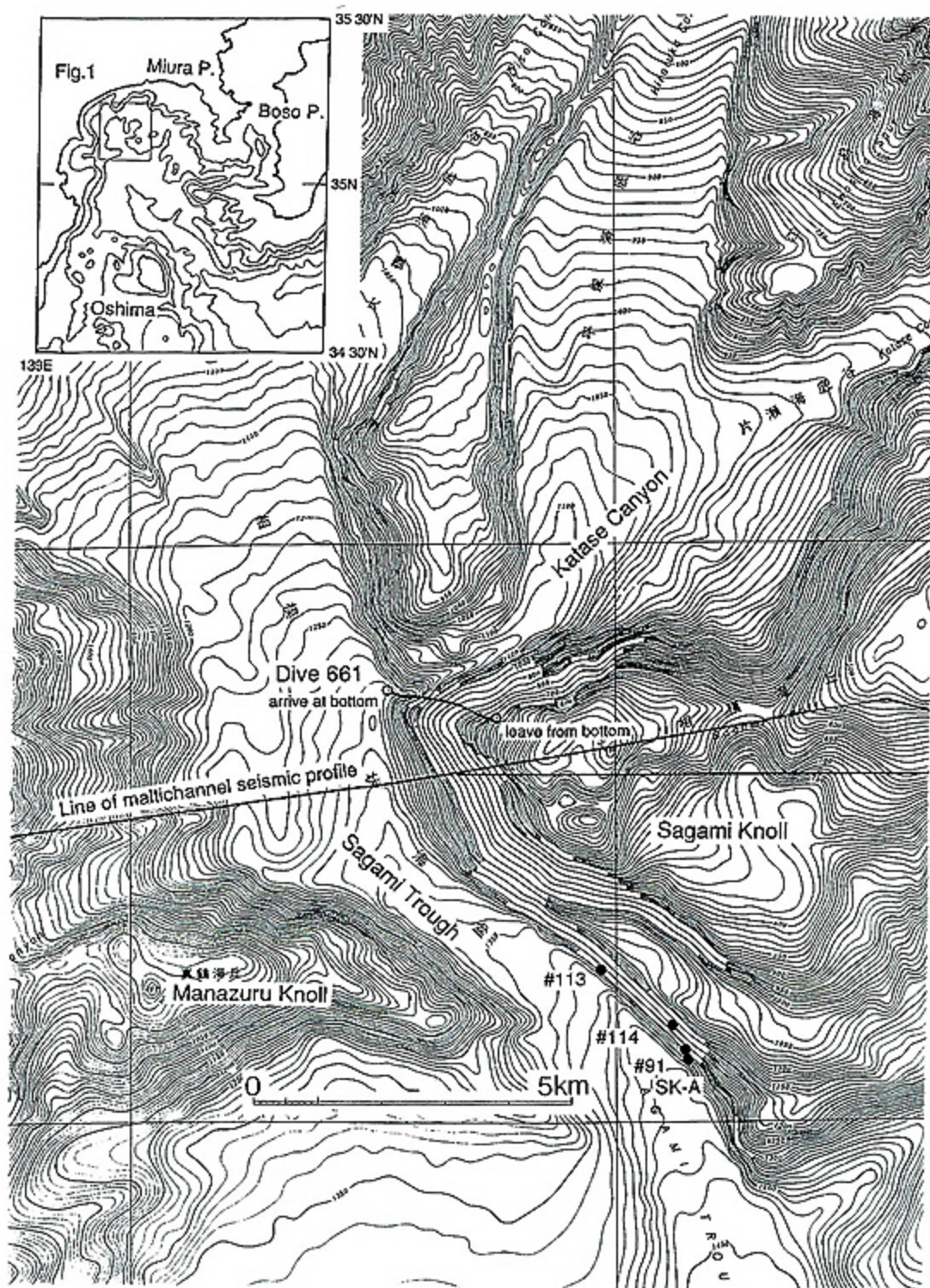


図1 相模海丘付近の海底地形と第661潜航の調査航跡。黒丸とその脇の数字はこれまでの潜航調査位置と潜航番号を示す。

Fig. 1 Map showing the submarine topography of Sagami Knoll and track of the 661 dive. Solid circle and its numeral indicate the locality of previous survey and its dive number.

れまでの潜航調査は海丘南部の相模トラフに面する急斜面の基部で実施されてきた。調査地点が狭い範囲に集中しているのはこの地域でシロウリガイのコロニーが発見され、その観察・採取を主目的とする調査が多数行なわれたためである。

今回はこれまでとは地域の異なる相模海丘北西縁の片瀬海底谷に面する急斜面で潜航調査を実施した。これは、大磯丘陵での地質調査の結果（山崎ほか、1991）から類推して、トラフに面した斜面では地層はトラフ軸と平行する撓曲状の変形を受けている可能性があり、海丘の内部構造や層序を的確に把握するには、トラフ軸と直交する海底谷沿いの斜面の方が有利と考えたためである。

潜航調査ではまず、片瀬海底谷との合流点付近の相模トラフ底（35°09' N, 135°17.5' E, 深度1,248m）に着底した。ここから東方に移動して片瀬海底谷内に入り、谷の南側斜面、すなわち相模海丘北西端の急斜面を東～南東に向かって上昇・移動し、斜面地形とそれを構成する地層の層相・構造等を観察した。斜面上の7地点でマニピュレーターを用いて地質試料採取を試み、内6地点で採取に成功した。着底後約4時間の潜航の後、海丘の尾根近く（35°08.7' N, 135°18.4' E, 深度679m）で離底した。航走距離は約1,500mであった。

3 観察された相模海丘の地形・地質

3.1 斜面地形

前述のように「しんかい2000」の第661潜航は相模海丘北西縁の片瀬海底谷と接する急斜面で実施された（図1）。水路部発行の5万分の1海底地形図によれば、この急斜面は平均傾斜が32°で北東-南西方向に延長4 kmにわたって続いている。

潜水船による地形観察は、広大な斜面のごく一部を断片的に捉えるだけなので、その観察結果が果たして斜面全体の特徴を反映しているかどうかについては疑問が残る。しかし、今回の調査では急斜面を直登せず、斜に上昇しながら観察することができたので、斜面地形の全体的な特徴を捉えることができた。

片瀬海底谷の入口で潜水船は相模海丘の西縁に推定される活断層を横切ったが、そこでは最近の活動を示す低断層崖や地割れ等の存在は確認でき

なかった。

相模海丘北西縁斜面は基部に崖錐状の緩斜面が存在するが、その上位は連続した急斜面となる。この急斜面は全体としては直線的だが、細かく見ると多数のスプーン状にえぐれた凹型斜面の集合である。個々のスプーン状地形の大きさは幅10～20m、縁に比高数mの嶺があり隣の凹地と接している。縦の長さは不明瞭だが20～30m程度と見られる。このような凹地と嶺が交互に繰り返して出現して斜面全体はリップル状の凹凸地形を示す。個々の凹型斜面の下部には比較的平坦な部分があり、そこには角礫の集積が見られることから、この凹地は崩壊に起因するものであろう。凹型斜面の中部以上には堆積物はなく、相模海丘の構成層がよく露出している。時折、上部の崩壊地から流出した砂が幅数十cmの帯となって、上から下にいくつもの凹型斜面を越えて続いているのが認められた。

3.2 観察された地層の層相

図2には潜水船の深度と走行距離の関係を示し、試料採取点と観察された地層の概要を示した。今回の潜航調査の航跡は斜面と斜交しているため、この図は斜面の断面形を示してはいないことに留意されたい。

斜面に露出した海丘の構成層を目視観察した結果、層相からは大きく以下の3部層に区分された。

下部層：深度950m以深に分布する無層理シルト岩主体の地層であり、最上部には数枚の白色軽石層が認められた。軽石層の層厚は最大で数十cm、薄いものは数cm以下である。この部層では深度1,237m, 1,187m, 1,089m, 993mの4箇所で試料（No. 1～No. 4 試料）を採取することができた。各試料の詳細な分析結果は次章で述べる。

中部層：深度950～820mに分布する砂岩、シルト岩の互層である。砂岩部の厚さは数cm～10cm程度、シルト岩は数十cmの厚さをもち、層理は明瞭である。層理面の傾きから、本層は東～北東に20～30°傾いているのがわかる。また、走向は不明だが、落差数十cmの小断層（正断層）がいくつか認められた。深度830mでシルト・粗粒砂互層からなる本部層の岩塊（No. 5 試料）を採取した。

上部層：深度820m以浅に分布する軟質な泥岩

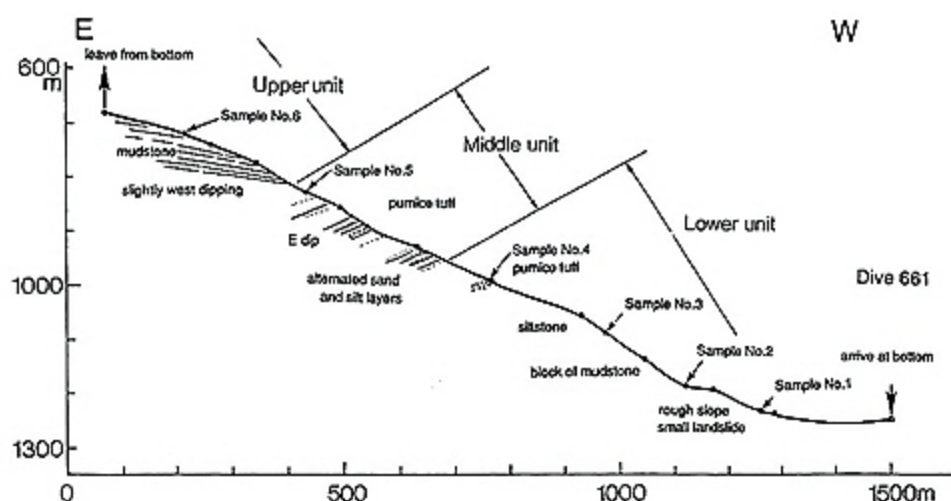


図2 相模海丘北西斜面における第661潜航の深度と距離の関係、観察された層序及び試料採取地点の概要
Fig. 2 Summary showing the depth change of the submersible during Dive 661, observed geological features and locality of sampling points on the northwestern slope of Sagami Knoll.

とシルト岩の互層で、明瞭な層理が認められる。本層の地質構造は中部層とは異なり水平または南西方向に緩く傾斜する。本部層においては深度719mでNo. 6 試料を採取した。

4 試料分析結果

第661潜航で採取した6個の地質試料の概要を表2に示す。このうち堆積岩の5試料については、地層中の間隙の大きさを知るための含水率測定、地層の堆積時期・古環境を知るための微化石分析（有孔虫、石灰質ナノプランクトン、珪藻）を実施した。軽石凝灰岩のNo. 4 試料に関しては含水率測定と、軽石中の鉱物組成、火山ガラスの屈折率測定等の分析を行なった。

なお、微化石についてはパリーノ・サーヴェイ（株）に分析を依頼した。

4.1 含水率測定

方法：採取試料は密封状態で地質調査所に持ち込み、各試料について開封後50g程度を取り出し直ちに秤量した。これを60℃の乾燥器中で24時間放置し、その後再び秤量し2つの値から含水率・含水比を計算した。

結果：表1に計測結果を示す。含水率・含水比とも堆積層では上位層ほど大きな値を示すが、上部層と中部層間には明らかな差異がある。これに対し、中・下部層間には不連続は認めがたい。

表2 第661潜航の採取試料の概要
Table 2 Sample list of Dive 661.

Sample No.	Depth (m)	Rock types	Weight in wet (g)	Weight in dry (g)	Water weight (g)	Water content by volume	Water content by weight
No.1	1237	Silt	53.50	47.54	5.96	0.11	0.13
No.2	1187	Silt with shells	52.83	46.32	6.51	0.12	0.14
No.3	1089	Silt, fine sand	51.55	40.60	10.95	0.21	0.27
No.4	993	Pumice	44.18	32.47	11.71	0.27	0.36
No.5	830	Silt, coarse sand	40.70	31.17	9.53	0.23	0.31
No.6	719	Mud, silt	30.63	17.20	13.43	0.44	0.78

4.2 微化石分析

方法: No. 4 を除く 5 試料について以下の方法で実施した。

(1) 有孔虫: 試料約100gをナフサ法で泥化し、浮遊性有孔虫については0.125mm(#115)、底生有孔虫については0.074mm(#200)の篩に残った砂粒について実体顕微鏡で観察・計測を行った。

(2) 石灰質ナンノプランクトン: 試料を水で溶かしその希釈液をカバーガラス上に滴下し、乾燥後封入剤でスライドガラスに固定してプレパラートを作成した。これを位相差顕微鏡を用いて1,500倍で観察した。計測数は通常圧倒的に数の多い *Elphidium profundum* を除いた350個を目安とした。

(3) 珪藻分析: 試料約10gをH₂O₂とHClで泥化する。次に蒸留水と分散剤を加えて放置し、粘土を含むその上澄みを捨てる作業を繰り返して珪藻を濃縮した。その希釈液をカバーガラスに滴下し、乾燥後スライドガラスにプリュラックスで封入してプレパラートを作成した。珪藻化石は油浸600~1,000倍で検鏡し、各試料毎に200個以上計測した。

結果: 微化石分析によって、地層の編年・堆積環境の情報が得られた。その結果の概要を表3に示す。また、以下に各分析項目毎の結果を示す。

(1) 有孔虫分析: 浮遊性種からは地層の年代、底生種からは水深などの堆積時の環境を推定した。表4に浮遊性有孔虫のリストを示す。底生有孔虫

表4 浮遊性有孔虫化石のリスト

Table 4 Occurrence of Planktonic Foraminifera from the northwestern edge of Sagami Knoll.

Species Name	Sample No.	1	2	3	5	6
<i>Globigerinella</i> sp.		1	-	-	-	-
<i>Globigerina bullioides</i> d'Orbigny		9	-	1	8	29
<i>Globigerina falconensis</i> Blow		6	-	-	6	-
<i>Globigerina foliata</i> Bolli		-	-	-	1	-
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland		1	-	-	7	1
<i>Globigerina rubescens</i> Hofker		1	-	-	1	1
<i>Globigerina</i> spp.		24	-	-	11	4
<i>Globigerinoides cyclostomus</i> Galloway & Wissler		1	-	-	-	-
<i>Globigerinoides elongatus</i> (d'Orbigny)		-	-	-	+	-
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)		-	-	-	1	-
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)		5	-	-	2	5
<i>Globigerinoides</i> cf. <i>senellus</i> Parker		-	-	-	-	-
<i>Globigerinoides</i> spp.		-	-	-	1	-
<i>Orbulina universa</i> (d'Orbigny)		-	-	-	1	2
<i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (Parker & Jones)		-	-	-	1	-
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker & Jones) dextral		-	-	-	4	1
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker & Jones) sinistral		1	-	-	-	-
<i>Globobulimina glutinata</i> (Egger)		28	-	-	36	1
<i>Globobulimina</i> sp.		-	-	-	1	-
<i>Neoglobobulimina blowi</i> Rogli & Bolli		-	-	-	4	9
<i>Neoglobobulimina dutretili</i> (d'Orbigny)		8	-	-	4	37
<i>Neoglobobulimina humerosa</i> (Takayanagi & Saito)		8	-	-	4	1
<i>Neoglobobulimina pachyderma</i> (Ehrenberg) dextral		-	-	-	1	1
<i>Neoglobobulimina</i> sp.		1	3	-	5	6
<i>Globobulimina crassaformis</i> (Galloway & Wissler)		4	-	-	3	1
<i>Globobulimina inflata</i> (d'Orbigny)		1	-	-	1	4
<i>Globobulimina</i> cf. <i>inflata</i> (d'Orbigny)		1	-	-	1	2
<i>Globobulimina menardii</i> (Parker, Jones & Brady)		1	-	-	1	-
<i>Globobulimina</i> cf. <i>ronda</i> Blow		-	-	-	1	-
<i>Globobulimina scitula</i> (Brady)		4	-	-	3	-
<i>Globobulimina truncatulinoides</i> (d'Orbigny)		1	-	-	1	-
<i>Globobulimina tosensis</i> Takayanagi & Saito		+	-	-	1	-
Number of Planktonic Foraminifera		118	0	1	112	105
Ratio of Planktonic Foraminifera (P/B+P)%		73.6	0	11.1	85.3	67.6

は種類が多いので主要化石の百分率組成を図3に示し、リストは省略した。

No. 1 は浮遊性種が73.6%を示す。*Globobulimina truncatulinoides*が含まれるので第四系と判断される。底生種は *Globocassidulina*, *Bolivinita quadrilobata*, *Bulimina striata* など深層水~暖

表3 微化石分析結果の概要

Table 3 Summary of the microfossil analysis for the samples obtained from Dive 661.

Sample No.	Depth	Stratigraphic classification	Foraminifera	Nannofossil	Diatom
No.1	1,237m	Lower	planktonic 73.6% Quaternary water depth 1000m	CN13b 1.66-1.57Ma	Marine water sp.
No.2	1,187m	Lower	rare	rare derived fossil?	none
No.3	1,089m	Lower	rare	rare derived fossil?	none
No.5	830m	Middle	planktonic 85.3% early Pleistocene water depth 1000m	CN13b 1.66-1.57Ma	Marine to brackish water sp. No freshwater sp. bay-oceanic environment
No.6	719m	Upper	planktonic 67.6% water depth 1000m	<0.275Ma	Marine to brackish water sp. Quaternary littoral-bay environment

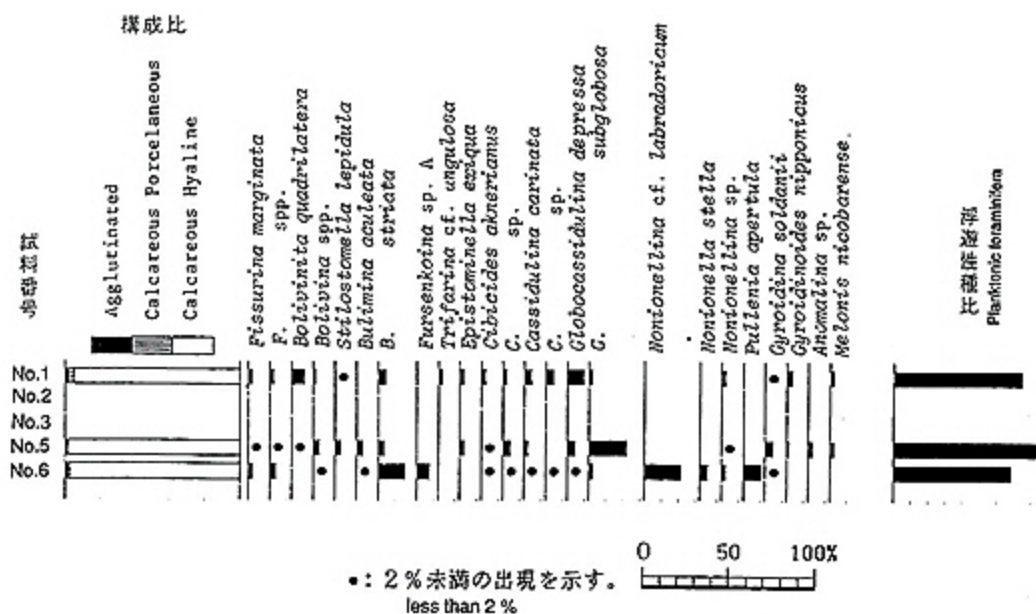


図3 第661潜航採取試料の主要底生有孔虫の百分率組成

Fig. 3 Composition of major benthic foraminifera from the samples in Dive 661.

流下の中層水に棲む種が多く、暖流下の水深1,000 m程度の海域に堆積したものと考えられる。

No. 2, 3は有孔虫化石をほとんど産出しなかった。

No. 5は浮遊性種が85.3%を占め、No. 1と同様に第四紀に出現する*Globorotalia truncatulinoides*と更新世前半に絶滅した*Globorotalia tosaensis*の両方を産出し、さらに、*Pulleniatina*の右巻が優勢なので更新世前半の地層である。底生種はNo. 1と同様に暖流下の中層～深層上部水塊に多産する種で構成され、古水深は1,000m程度と推定される。

No. 6は浮遊性種が67.6%を占める。*Pulleniatina*は右巻が優勢だが、年代を特定できる種は産出しなかったので第四系としか同定出来ない。底生種は*Bulimina striata*, *Nonionella*, *Gobobulimina*など深層上部水塊～中層水に多産する種で構成され、水深は1,000m程度と推定される。

(2) 石灰質ナンノプランクトン分析：石灰質ナンノ化石からは地層の堆積年代を求めた。表5に産出化石リストを示す。No. 1のシルト岩は黒色硬質シルトと泥質層の互層であるが後者のみから多数のナンノ化石が産出した。この中には年代指標となる*Pseudoemiliania lacunosa* (3.5Ma～

0.46Ma), *Calcidiscus macintyre* (17Ma～1.57Ma), *Gephyrocapsa caribbeanica* (1.66Ma以降), *Gephyrocapsa oceanica* (1.57Ma以降)が含まれる。新鮮世以前の種(*Discoaster*)が極めて少ないことを考えると本層の年代はCN13b (Okada and Bukry, 1980)と考えられる。また、佐藤・高山(1988)はCN13a～CN15の間を11の基準面で細分した。これによると*Gephyrocapsa caribbeanica*の出現は基準面11 (1.66Ma), *Calcidiscus macintyre*の絶滅と*Gephyrocapsa oceanica*の出現が基準面10 (1.57Ma)となる。本試料には*G. caribbeanica*が多く*G. oceanica*が少ないので地層の年代は基準面11と10の間、すなわち1.66～1.57Maと考えられる。

No. 2, 3からの産出固体数は極めて少なく、また、産出化石もCN11b (3Ma)以前の種のみである。化石の保存状態が悪いことから2次化石と判断した。

No. 5は*Pseudoemiliania lacunosa*, *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra doricoides*, *R. minutula*が多産し、*Gephyrocapsa caribbeanica*, *Calcidiscus macintyre*, *C. leptoporus*等を随伴するNo. 1と同様の群集構成を示す。したがって、本試料の堆積時期はCN13b, 基準面区分では

表5 石灰質ナノプランクトン化石リスト

Table 5 List of nannofossil from the northwestern edge of Sagami Knoll.

Species name	Sample No.	1	2	3	5	6
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud) Deflandre		-	-	-	1	-
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan	29	-	-	-	12	4
<i>Calcidiscus macintyreii</i> (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan	8	-	-	-	5	-
<i>Ceratolithus telesmus</i> Norris		-	-	-	-	1
<i>Coccolithus miopelagicus</i> Bukry		-	-	-	2	-
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller	26	-	-	1	4	1
<i>Dictyococcites perplexus</i> Burns		-	-	-	1	-
<i>Dictyococcites productus</i> (Kamptner) Backman	14	2	-	-	85	3
<i>Discoaster asymmetricus</i> Gartner		-	-	-	1	-
<i>Discoaster brouweri</i> Tan emend. Bramlette & Riedel	1	-	-	-	1	-
<i>Discoaster variabilis</i> Martini & Bramlette		-	-	-	-	1
<i>Discoaster</i> sp.	1	-	-	-	-	-
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler		-	-	-	-	139
<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo		-	1	-	146	33
<i>Florisphaera profunda elongata</i> Okada & McIntyre	83	-	-	-	-	2
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux & Hay (Medium Type)	32	-	-	-	24	2
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner		-	-	-	-	15
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner (Medium Type)		-	-	-	-	10
<i>Gephyrocapsa</i> aff. <i>oceanica</i> Kamptner (Medium Type)	3	-	-	-	1	-
<i>Gephyrocapsa parallela</i> Hay & Beaudry		-	-	-	-	1
<i>Gephyrocapsa</i> spp. (small)	10	-	-	-	20	110
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner	12	-	-	-	4	2
<i>Helicosphaera</i> aff. <i>sellii</i> Bukry & Bramlette	1	-	-	-	-	-
<i>Helicosphaera wallichii</i> (Lohmann) Boudreaux & Hay		-	-	-	2	1
<i>Helicosphaera</i> cf. <i>wallichii</i> (Lohmann) Boudreaux & Hay	3	-	-	-	-	-
<i>Helicosphaera</i> sp.		-	1	-	-	-
<i>Oolithotus fragilis</i> (Lohmann) Martini & Muller		-	-	-	1	-
<i>Pontosphaera discopora</i> Schiller	8	-	-	-	-	-
<i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner) Roth	1	-	-	-	1	-
<i>Pseudoemiliania lacunosa</i> (Kamptner) Gartner	134	-	-	-	41	2
<i>Reticulofenestra doronicoides</i> (Black & Barnes) Roth	20	-	-	-	55	-
<i>Reticulofenestra gelida</i> (Geitzenauer) Backman	1	3	5	-	-	-
<i>Reticulofenestra haqii</i> Backman		-	-	-	5	-
<i>Reticulofenestra minuta</i> Roth	4	-	-	-	34	-
<i>Reticulofenestra minutula</i> (Gartner) Haq & Berggren	27	1	1	62	3	-
<i>Reticulofenestra pseudumbilica</i> (Gartner) Gartner	1	11	2	1	1	-
<i>Reticulofenestra</i> sp.	25	2	-	-	-	-
<i>Rhabdosphaera claviger</i> Murray & Blackman	1	-	-	-	1	1
<i>Scapholithus</i> sp.		-	-	-	1	-
<i>Scyphosphaera pulchra</i> Lohmann		-	-	-	-	2
<i>Sphenolithus</i> sp.	1	1	-	-	-	-
<i>Syracosphaera</i> sp.		-	-	-	1	-
<i>Umbellosphaera irregularis</i> Paasche		-	-	-	-	2
<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder		-	-	-	-	7
Number of Calcareous Nannoplankton		446	22	9	512	343

基準面11と10の間 (1.66~1.57Ma) と考えられる。

No. 6 は *Emiliania huxleyi*, *Cephyrocapsa* spp. (small) を主に, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *Calcidiscus leptoporus* で構成される。*Emiliania huxleyi* を高率で含むことから CN15 (0.275Ma以降) の堆積物と考えられる。

(3) 珪藻分析: 珪藻分析は地層の堆積環境の復元と堆積時期の推定のために実施した。図4に珪藻化石の百分率組成, 表6に産出化石のリストを示す。下部の試料は珪藻化石が乏しく No. 1 では海水生種が4個体得られたのみ, No. 2, 3 では珪藻化石が皆無であった。これに対し, 上部の試料は珪藻化石を含み古環境情報が得られた。

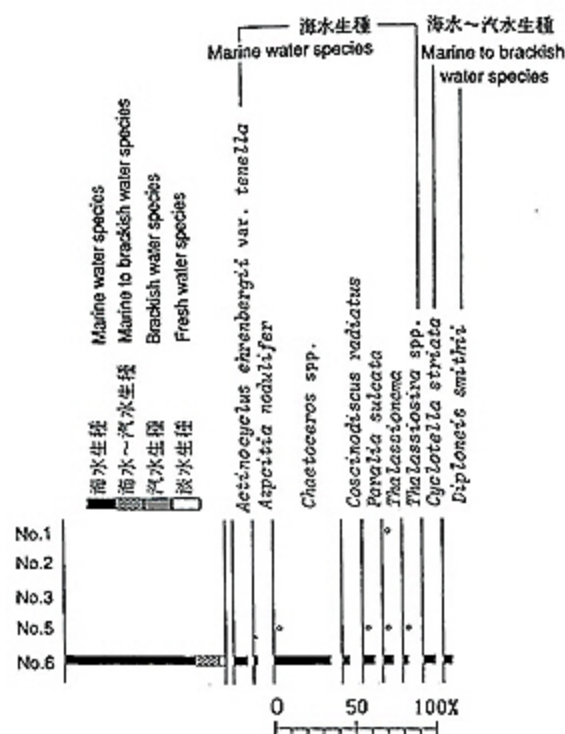


図4 珪藻化石の百分率組成

Fig. 4 Composition of diatoms from the samples in Dive 661.

No. 5 では第四紀の珪藻が11個体産出し、内10個体が海生種である。群集は内湾から外洋性の種で構成され、陸水の影響を受けない海域の堆積物と考えられる。

No. 6 は海水生種の *Chaetoceros* spp., *Thalassionema nitzschoides*, *Paralia sulcata*, 汽水生種の *Cyclotella striata* 等が卓越する。すべて現生種であるが第四紀の中での堆積時期の特定はできない。本試料の堆積環境は沿岸浮遊性の *Thalassionema nitzschoides* と低塩分海域の内湾浮遊性種 *Paralia sulcata* が優占すること、また、淡水生種が若干出現することから、内湾で比較的陸に近い海域の堆積物と考えられる。

4.3 軽石層の分析

方法：No. 4 試料は径 5 mm 以下の白色軽石で構成される。軽石粒を乳鉢でつぶした後篩い分けし、径 0.125–0.074 mm の砂粒について重鉱物組成を調べた。さらに火山ガラスについては温度変化方式の屈折率測定装置 RIMS87 で屈折率測定 (30 粒計測) を行なった。

結果：重鉱物組成は角閃石>斜方輝石で単斜輝石は認められない。火山ガラスの屈折率は平均が 1.5049, range が 1.5020–1.5084 を示す。これは軽石としては平均的な値であり、このデータのみでは同定・対比は困難である。

4.4 脈状鉱物の同定

No. 1 及び No. 2 試料では堆積物中に幅 1 mm 程の白色鉱物脈が認められた。この鉱物種を知るため X 線回折を実施した。分析及び鉱物の同定は、地質調査所地質部巖谷敏光氏にお願いした。この結果、鉱物は沸石 (Chabazite: 菱沸石 [$\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{24} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$]) の可能性が高く、脈状の産状からこの地層は堆積後熱水の影響を受けたと考えられる。

4.5 分析結果のまとめ

No. 1～No. 5 試料はナンノプランクトンに基づく編年では CN13b の最下部、1.66–1.57 Ma が示唆され、この結果は有孔虫や珪藻の分析結果や含水率などの特徴とも矛盾しない。したがって、第 661 潜航で認められた下部・中部層は前期更新世初頭の一連の堆積物で、上総層群の下部に相当する地層と考えられる。この地層は、深度 1,237 m と 830 m の試料がほぼ同じ堆積時期を示すことから見て、堆積速度が速く、トラフのような沈降域に堆積したと考えられる。堆積環境は陸からそう遠くない暖流下の海域で、深度 1,000 m 前後の海底と推定される。地質構造は東～北東へ約 20° の傾動を示す。また、本層は熱水活動の痕跡を持ち、粗粒な軽石層を挟むことから、火山活動地域ともそう離れていなかったと考えられる。これらの特徴は本層が現在の相模湾とよく似た環境に堆積していたことを示唆している。

一方、No. 6 試料はナンノ化石の編年 (CN15) から 0.275 Ma 以降の堆積が示唆され、これから上部層は中期更新世後半以降の堆積物と考えられる。しかし、詳細な編年データを欠くので陸上の中・上部更新統との精密な対比は困難である。地質構造はトラフ側 (西側) に傾き、下位の下部・中部層とは不整合である。潜航調査のルートでは深度 820 m 以浅に分布しており、層厚は約 100 m と推定される。堆積環境は下位の地層と同様に陸に近い暖流下、水深 1,000 m 程度の海域である。

表6 珪藻化石リスト

Table 6 List of Diatom fossil from the northwestern edge of Sagami Knoll.

Species Name	Sample No.	1	2	3	5	6
Marine water species						
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs		-	-	-	-	1
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>tenella</i> (Breb.) Hustedt		-	-	-	-	19
<i>Actinocyclus ingens</i> Rattray		-	-	-	-	3
<i>Actinocyclus</i> sp.		-	-	-	-	1
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehr.) Ehrenberg		-	-	-	-	3
<i>Actinopterychus vulgaris</i> Schumann		-	-	-	-	2
<i>Arachnoidiscus ehrenbergii</i> Bailey et Ehrenberg		-	-	-	-	2
<i>Azpicilia nodulifer</i> A. Schmidt		-	-	-	-	5
<i>Biddulphia</i> sp.		-	-	-	-	2
<i>Chaetoceros</i> spp.		-	-	-	1	83
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg		-	-	-	-	1
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg		1	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg		-	-	-	-	9
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehr.) Grunow		-	-	-	2	1
<i>Hyalodiscus</i> sp.		-	-	-	-	1
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kuetzing		-	-	-	-	1
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve		-	-	-	2	16
<i>Psammodyscus nitidus</i> (Greg.) Round & Mann		-	-	-	-	1
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell		-	-	-	-	3
<i>Rhizosolenia</i> spp.		-	-	-	-	2
<i>Stephanopyxis turris</i> Grev. and Arn.		-	-	-	-	1
<i>Stephanopyxis</i> sp.		-	-	-	1	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.		-	-	-	-	3
<i>Surirella cuneata</i> A. Schmidt		-	-	-	-	1
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow		3	-	-	2	15
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cleve		-	-	-	-	4
<i>Thalassiosira oestrupii</i> (Osten.) Proskina-Lavrenko		-	-	-	-	1
<i>Thalassiosira</i> spp.		-	-	-	2	8
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve and Grunow		-	-	-	-	1
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehr.) Cleve		-	-	-	-	1
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Gregory		-	-	-	-	2
Marine to Brackish water species						
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		-	-	-	-	2
<i>Cyclotella striata</i> (Kuetz.) Grunow		-	-	-	-	17
<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell		-	-	-	-	2
<i>Diploneis bombus</i> (Ehr.) Cleve		-	-	-	1	1
<i>Diploneis smithii</i> (Breb.) Cleve		-	-	-	-	11
<i>Navicula marina</i> Ralfs		-	-	-	-	1
<i>Synedra formosa</i> Hantzsch		-	-	-	-	1
Fresh water species						
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>affinis</i> (Kuetz.) V. Heurck		-	-	-	-	1
<i>Aulacosira ambigua</i> (Grun.) Simonsen		-	-	-	-	1
<i>Aulacosira granulata</i> (Ehr.) Simonsen		-	-	-	-	1
<i>Aulacosira italica</i> (Ehr.) Simonsen		-	-	-	-	1
<i>Aulacosira italica</i> var. <i>valida</i> (Grun.) Simonsen		-	-	-	-	1
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Cleve		-	-	-	-	1
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch		-	-	-	-	1
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve		-	-	-	-	1
<i>Navicula digitoradiata</i> (Greg.) A. Schmid		-	-	-	-	1
<i>Rhopalodia quisumbirgiana</i> Skvortzow		-	-	-	-	1
Marine water species		4	0	0	10	193
Marine to Brackish water species		0	0	0	1	35
Brackish water species		0	0	0	0	0
Fresh water species		0	0	0	0	10
Total number of Diatoms		4	0	0	11	238

5 考察

5.1 相模海丘の層序と構造

相模海丘を構成する地層に関するこれまでの研究は、木村(1976)、Kong et al.(1984)、服部ほか(1992)等がある。

木村(1976)は音波探査とドレッジから、相模海丘は中新世のE1層(葉山層群相当)を基盤として鮮新・更新統のC層(上総層群相当)とそこで噴出した火山岩が分布すると考えた。しかし、Fujioka et al.(1989)の研究によって火山岩は下位の三浦層群に由来することが分かり、相模海丘が火山である可能性は否定された。一方、Kong et al.(1984)は相模海丘上をE-W方向に横切るマルチチャンネル音波探査測線から、同海丘は中新世～鮮新世のSequence D(三浦層群相当)とそれを薄く覆う堆積物で構成されていることを示した。また、服部ほか(1992)は海洋科学技術センターの無人探査船「ドルフィン3K」によって海丘南部のトラフ側斜面を観察し、軽石層を挟む成層した泥質層の存在を確認した。そして、採取試料のナンノ化石からその堆積時期はCN14aに当たるとした。

今回の潜航調査実施点はKong et al.(1984)の探査測線のすぐ北である。今回の調査で認められた、厚い下部・中部層を薄い上部層が不整合に覆うという地質構造は、Kong et al.(1984)が示した相模海丘の構造とほぼ一致している。これから、本調査の下部・中部層はKong et al.(1984)のSequence Dに当たると考えられる。服部ほか(1992)は海丘南部の斜面下部で上総層群に相当する白色軽石を含む地層を確認しているが、これもSequence Dの一部であろう。従って、トラフの東側ではSequence Dと一括されている地層は上総層群を含んでいると考えられる。また、今回の調査で認められたCN15に当たる中・上部更新統は、Kong et al.(1984)のSequence Dを覆う厚さ0.1secの堆積物と構造や厚さが一致していることから同一層と考えられる。

以上のことから、相模海丘の構造は厚い鮮新・更新統までの地層(上総層群以下)を不整合に覆って薄い中・上部更新統が分布しているものと考えられる。地質構造は、トラフに面した相模海丘の西端部では上総層群は東側に傾動し、一方、中・

上部更新統は西側へ緩く傾いている。

5.2 相模海丘と周辺地塊との関係

(1) 相模海丘と真鶴海丘との関係

海上保安庁水路部は相模海丘の西方に位置する真鶴海丘の地質構造を知るため、同海丘の北西斜面についてROVによる潜航調査を行ない、白色凝灰岩を挟む成層した地層で構成されていることを示した。ナンノ化石の分析から、これらはCN13b～CN14aに対比され(菊池ほか, 1991; 加藤・渡辺, 1992)、真鶴海丘は相模海丘と同じ上総層群相当層で構成されていることが分かった。真鶴海丘や相模海丘を構成する上総層群相当層はその分布位置や層厚、層相等から見てこれはトラフ底のような沈降域に堆積した地層がその後隆起に転じたものと考えられる。真鶴海丘の南縁には大河内(1990)や加藤・渡辺(1992)が東西走向の断層の存在を認めており、大河内(1990)が示唆するように、この断層の活動開始によってトラフ底の一部が隆起し、海丘を形成したものと考えられる。しかし、真鶴海丘では海丘の隆起開始を反映した不整合やそれを覆う新しい第四紀層が確認されていないので、この断層の活動開始時期は求められない。

(2) 大磯丘陵との関係

相模海丘の北西延長部に位置する大磯丘陵は四囲を断層で限られた隆起地塊である。丘陵の西側には南関東で最大級の活断層である国府津・松田断層が存在し、トラフ軸の北西延長に当たる足柄平野との間を境している。国府津・松田断層崖の南東延長は顕著な海底の急崖としてトラフの北東縁を限り、相模海丘西縁の急斜面に連続している。このような地形的な配列は、大磯丘陵と相模海丘の形成が国府津・松田断層のようなトラフの縁を限る断層の活動と密接に関連していることを示唆している。

大磯丘陵地域では中期更新世の半ばまで続いていた活発な沈降運動が、約30万年前からの国府津・松田断層の活動開始によって弱まり、その後隆起運動に転換した。中期更新世における比較的ゆっくりした沈降から隆起への転換の中で、沈降性堆積物の変形を伴う隆起とこれを削りながら堆積する段丘性堆積物との間に不整合が形成された。その結果、丘陵西縁部に沿っては、大きく変形した

中・下部更新統とそれを不整合に覆う中期更新世後半の堆積物が撓曲状に変形し、西側に傾斜して分布している(山崎, 1991)。

相模海丘の構造は前述のように厚い沈降性の堆積物を不整合に覆って新しい地層が分布し、それは微弱ではあるが撓曲状に変形していると思われる。このような構造は大磯丘陵と極めてよく類似しており、相模海丘のこのような構造が国府津・松田断層から連続する海丘西縁の断層活動で形成されたことを想起させる。大磯丘陵との比較で検討すると、相模海丘を構成する上総層群相当層は沈降域、恐らくトラフ底の堆積物と考えられる。これを不整合に覆う中・上部更新統は沈降運動が弱まった時期の堆積物であろう。断層活動開始時期は不整合を覆う地層の年代から示唆され、相模海丘では中期更新世の後半以降と推定される。これは国府津・松田断層の活動開始時期と調和しており、両丘陵が一連の断層活動で形成されたことを示している。

5.3 相模海丘のテクトニクス上の意義

大河内(1990)は大磯丘陵が付加体であるとする考え(山崎, 1984)を発展させ、国府津・松田断層は古い覆瓦スラストで、新しいスラストが真鶴海丘の南縁に生じていると考えた。また、石橋(1992)は、相模トラフ沿いの大地震に関連して地表に出現する付加体内の覆瓦スラストは相模湾北部で2つに分岐し、1つは真鶴海丘の南縁を通り高頻度の活動を示し、もう1つは国府津・松田断層でやや低い頻度で活動していると考えた。

今回の潜航調査で得られた相模海丘に関するいくつかの地質データは、相模海丘の地史や地殻変動様式が大磯丘陵と真鶴海丘のそれとよく似ていることを示しており、上記の大河内(1990)や石橋(1992)の考えと矛盾していない。これらのことから、相模海丘は約30万年前以降に沈み込み帯沿いに生じた覆瓦スラスト(国府津・松田断層の南東延長)によってトラフ底が分断され、その後、断層の東側ブロックが隆起して形成されたものと考えられる。従って、相模海丘の西縁は国府津・松田断層に連続する活断層で、大地震を伴う相模トラフでの沈み込み運動に関連して、同断層と共に活動を繰り返してきたものと考えられる。

謝 辞

本研究の実施に当たっては、科学技術庁、海洋科学技術センター、地質調査所の関係各位にはたいへんお世話になりました。とくに潜航調査では「しんかい2000」の運航チーム及び「なつしま」乗員の皆様から多大の協力と援助を賜り、分析では地質調査所巖谷敏光氏の御手を煩わせました。誌上をお借りしてこれらの方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究は工業技術院特別研究「地震発生の場合とメカニズムに関する研究」の一部として実施したものであります。

参考文献

- Fujioka, K., M. Kinoshita, W. Soh, S. Tsukawaki, J. Ashi, K. Akimoto and M. Watanabe (1989): Geology of Sagami Bay and its Environs—Reports on the results of KT88-1 cruise—. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, 64, 391-431.
- 服部陸男・蟹江康光・岡田尚武・有馬 真(1992): 相模湾、相模海丘の地質。しんかいシンポジウム報告書, 8, 185-192.
- 石橋克彦(1992): 「大磯型地震」と相模トラフ巨大地震。月刊地球, 号外5, 73-77.
- 加藤 茂・渡辺一樹(1992): 海域の変動地形に関する研究。科学技術振興調整費「マグニチュード7級の内陸地震の予知に関する研究」第I期, 第II期成果報告書, 87-97.
- 菊池真一・穀田昇一・楠 勝浩(1991): 海域の変動地形に関する研究。科学技術振興調整費「マグニチュード7級の内陸地震の予知に関する研究」第I期成果報告書, 70-78.
- 木村政昭(1976): 相模灘及付近海底地質図および同図説明書。海洋地質図, 地質調査所, 3, 1-10.
- Kong, Y. S., H. Kagami, H. Tokuyama, C. Igarashi and N. Nasu (1984): Subbottom geological structures of Sagami Bay. Bull. Ocean Research Inst. Univ. Tokyo, 16, 1-91.
- Okada, H. and D. Bukry (1980): Supplementar modification and introduction of cod numbers to the low-altitude coccolit

- biostratigraphic zonation (Bukry, 1973 ; 1975). Mar. Micropaleontol., 5, 321-325.
- 大河内直彦 (1990) : 相模湾の活構造とテクトニクス. 地学雑誌, 99, 458-470.
- 佐藤時幸・高山俊昭 (1988) : 石灰質ナンノプランクトンによる第四系化石帯区分. 地質学論集, 30, 205-217.
- 山崎晴雄 (1984) : 活断層からみた南部フォッサマグナ地域のネオテクトニクス. 第四紀研究, 23, 129-136.
- Yamazaki, H. (1992) : Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu Peninsula, central Japan. Bull. Geol. Survey of Japan, 43, 603-657.
- 山崎晴雄・水野清秀・加藤 完・下川浩一 (1991) : 断層の活動史に関する研究. 科学技術振興調整費「マグニチュード7級の内陸地震の予知に関する研究」第I期成果報告書, 79-92.

(原稿受理 : 1993年8月2日)